

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-065216

(43)Date of publication of application : 06.03.1998

(51)Int.CI.

H01L 33/00

(21)Application number : 08-241384

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD
TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB
INC

(22)Date of filing : 22.08.1996

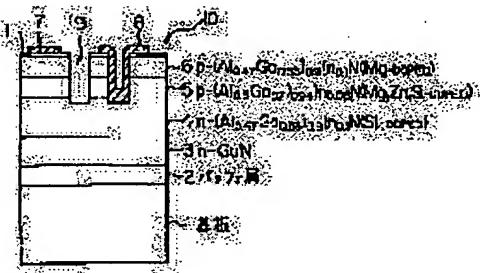
(72)Inventor : KOIKE MASAYOSHI
NAGAI SEIJI
YAMAZAKI SHIRO
UMEZAKI JUNICHI
MORI TOMOHIKO
OZAWA TAKAHIRO
OWAKI TAKESHI
TAGA YASUNORI

(54) III NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease the ohmic resistance between a metal electrode and a III nitride semiconductor layer by setting the band gap of a contact layer, provided between the III nitride semiconductor layer and the metal electrode, to be lower than that of the III nitride semiconductor layer and specifying the thickness of the contact layer.

SOLUTION: A buffer layer 2, a silicon-doped n-GaN layer 3, a lower class layer 4, a light emission layer 5 and an upper clad layer 6 are formed on a sapphire substrate 1. A contact layer 11 and a metal electrode 7 are formed on the upper clad layer 6 of a III nitride semiconductor ($\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, including $X=0$, $Y=0$, $X=Y=0$). The contact layer 11 is formed of the III nitride semiconductor ($\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, including $X=0$, $Y=0$, $X=Y=0$), and the band gap thereof is set lower than that of the upper clad layer 6 and the thickness thereof is set in the range of 1-50nm.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.12.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision 2004-01624
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's 23.01.2004
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-65216

(43)公開日 平成10年(1998)3月6日

(51)Int.Cl.⁶
H01L 33/00

識別記号

府内整理番号

F I

H01L 33/00

技術表示箇所
C
E

審査請求 未請求 請求項の数5 FD (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平8-241384

(22)出願日

平成8年(1996)8月22日

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畠1
番地

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長欲字横道41番
地の1

(72)発明者 小池 正好

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畠1
番地 豊田合成株式会社内

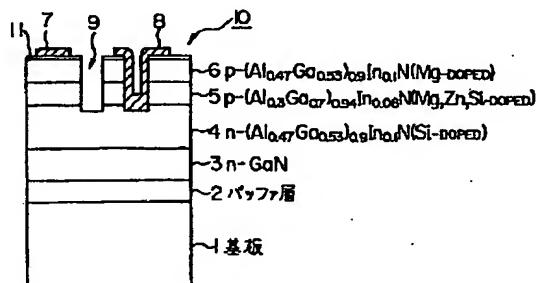
(74)代理人 弁理士 小西 富雅

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 3族窒化物半導体素子

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 電極ー3族窒化物半導体層間のオーミック抵抗を低減する。

【解決手段】 3族窒化物半導体 ($Al_xIn_yGa_{4-x-y}N$; $X=0, Y=0, X=Y=0$ を含む) 層6と金属電極7との間に、パンドギャップが前記半導体層のパンドギャップよりも小さく、かつその厚さが1~50nmである3族窒化物半導体 ($Al_xIn_yGa_{4-x-y}N$; $X=0, Y=0, X=Y=0$ を含む) 製のコンタクト層11を設ける。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 3族窒化物半導体 ($Al_x In_y Ga_{1-x-y} N$; $X=0, Y=0, X=Y=0$ を含む) 層と、
金属電極と、

前記半導体層と前記金属電極との間に設けられるコンタクト層であって、そのバンドギャップが前記半導体層のバンドギャップよりも小さく、かつその厚さが $1 \sim 50$ nm である 3族窒化物半導体 ($Al_x In_y Ga_{1-x-y} N$; $X=0, Y=0, X=Y=0$ を含む) 製のコンタクト層とを備えてなる 3族窒化物半導体素子。

【請求項2】 前記コンタクト層は前記半導体層と同じ伝導型の化合物半導体層であって、インジウムの配合量 Y が $0.05 \sim 0.4$ である請求項1に記載の 3族窒化物半導体素子。

【請求項3】 前記半導体層は p 伝導型であり、前記コンタクト層はマグネシウムが $5 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21}$ / cm² に添加された p 伝導型の化合物半導体層である請求項1に記載の 3族窒化物半導体素子。

【請求項4】 前記半導体層は n 伝導型であり、前記コンタクト層はシリコンが $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{19}$ / cm³ に添加された n 伝導型の化合物半導体層である請求項1に記載の 3族窒化物半導体素子。

【請求項5】 前記半導体層は p 伝導型であり、前記コンタクト層は InGaN であり、前記金属電極はニッケル、ニッケル合金、プラチナ又はプラチナ合金である請求項1ないし3に記載の 3族窒化物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は 3族窒化物半導体素子に関し、特に 3族窒化物半導体層と金属電極との間に設けられるコンタクト層の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】 可視光短波長領域の発光素子として化合物半導体を用いたものが知られている。なかでも 3族窒化物半導体、特に Al_{1-x}In_xN 系の化合物半導体は直接遷移型であることから発光効率が高く、かつ光の 3原色の 1つである青色発光すること等から、昨今特に注目を集めている。

【0003】 このような半導体層に対して直接電極を形成すると、当該電極と半導体層との間の抵抗が高くなる。これは、3族窒化物半導体はバンドギャップが大きく、特に p 伝導型にドープされたものでは、ホールキャリヤ密度が低く、高々 1×10^{19} cm⁻³ 程度しかないからである。

【0004】 そこで、特開平2-229475号公報において、電極と半導体層との間にバンドギャップの狭いコンタクト層を介在させる技術が開示されている。これにより、電極と半導体層との間のオーミック抵抗が小さくなる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 電極と半導体層との間にこのようなコンタクト層を介在させることは他の半導体素子、例えば GaAs 系の半導体素子においても行われている。しかしながら、3族窒化物半導体素子においてこのようなコンタクト層としていかなるものを用いるべきかは今まで具体的に検討されておらず、コンタクト層の具体的なスペックを提示した文献は知られていない。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、3族窒化物半導体層、特に Al_{1-x}In_xN 系の化合物半導体層と金属電極との間に設けられるコンタクト層につき検討を重ねてきた結果、本発明に想到した。即ち、本発明は 3族窒化物半導体 ($Al_x In_y Ga_{1-x-y} N$; $X=0, Y=0, X=Y=0$ を含む) 層と、金属電極と、半導体層と金属電極との間に設けられるコンタクト層であって、そのバンドギャップが前記半導体層のバンドギャップよりも小さく、かつその厚さが $1 \sim 50$ nm である 3族窒化物半導体 ($Al_x In_y Ga_{1-x-y} N$; $X=0, Y=0, X=Y=0$ を含む) 製のコンタクト層とを備えてなることを特徴とする 3族窒化物半導体素子である。

【0007】

【作用及び効果】 このように構成された半導体素子によれば、コンタクト層のバンドギャップが 3族窒化物半導体層のバンドギャップよりも小さく、かつその厚さが $1 \sim 50$ nm と極めて薄い。これにより、コンタクト層を持たないもの、すなわち、3族窒化物半導体層へ金属電極を直接形成した場合に比べて本発明の半導体素子では、電極一半導体層間のオーミック抵抗が大幅に低減した。

【0008】

【発明の実施の形態】 図1は、p-GaN からなる半導体層—各種金属製電極間の接触抵抗率（黒塗り四角で示す。）と、半導体層と電極との間に p-InGaN からなるコンタクト層を介在させたときの同じく接触抵抗率（黒塗り丸で示す。）とを比較したものである。ここで、コンタクト層 p-In_{1-x}Ga_xN におけるインジウムの配合量 Y は 0.2、アクセプタはマグネシウムであってその濃度は 1.0×10^{19} / cm² である。コンタクト層の膜厚は 10 nm である。コンタクト層と半導体層は電子線照射によりともに p 伝導型化された。電極は蒸着により実施例のコンタクト層及び比較例の半導体層へそれぞれ積層した。

【0009】 図1の結果から、コンタクト層を設けることにより、p-GaN 半導体層—金属電極間の抵抗が $1/2$ 乃至 $1/5$ に低下することがわかった。特に、プラチナ及びニッケルで電極を形成したときの低下率が大きいことがわかった。プラチナ合金及びニッケル合金においても同様の傾向があるものと考えられる。

【0010】 以下、本発明の実施の形態を実施例に基づ

き図面を参照して説明する。実施例の半導体素子10は、図2に示すとおり、ダブルヘテロ接合を有する発光ダイオードである。この半導体素子は、サファイア基板1の上に膜厚が50nmのAlN製のバッファ層2が形成されている。このバッファ層2の上には、順に、膜厚約2000nm、電子濃度 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のシリコンドープト-n-GaN層3、膜厚約2000nm、電子濃度 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のシリコンドープト-n-(Al_{0.1},Ga_{0.9},)0.1Nからなる下側クラッド層4、膜厚約500nmのマグネシウム、亜鉛及びシリコンドープト-p-(Al_{0.1},Ga_{0.9},)0.1Nからなる発光層5、膜厚約1000nm、ホール濃度 $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドープト-p-(Al_{0.1},Ga_{0.9},)0.1Nからなる上側クラッド層6が形成されている。上下のクラッド層4及び6には金属電極7、8がそれぞれ接続されている。上側クラッド層6と金属電極7との間にはコンタクト層11が形成されている。素子10において電極7と電極8とは溝9により絶縁分離されている。

【0011】図3は上側クラッド層6、第1のコンタクト層11及び電極7の拡大断面図である。第1のコンタクト層11はマグネシウムドープト-p-In_{0.1},Ga_{0.9},N半導体から構成される。コンタクト層11は上側クラッド層6に比べてバンドギャップが小さくされている。バンドギャップを小さくするために、コンタクト層11は上側クラッド層6に比べて、インジウムの配合割合が大きくされている。上側クラッド層6におけるインジウムの割合は10%であるところ、コンタクト層11においては、インジウムの割合が15% (Y=0.15) とされている。また、コンタクト層11の膜厚は10nmである。コンタクト層11はマグネシウムが $1.0 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ に添加されている。

【0012】第1のコンタクト層11の膜厚、インジウムの配合割合及びマグネシウムのドープ量はクラッド層6と電極7との間に要求される抵抗に応じて適宜調整される。第1のコンタクト層の膜厚は1~50nmとすることが好ましい。1nmより薄いコンタクト層11を均一に形成することは非常に困難であり、膜厚を50nmより厚くすると、コンタクト層11自体の膜抵抗が無視できなくなる。インジウムの配合量は5~40% (Y=0.05~0.4) とすることが好ましく、更に好ましくは10~20% (Y=0.1~0.2) である。マグネシウムのドープ量は $5 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ とすることが好ましく、更に好ましくは $5 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ である。

【0013】電極7はNi、Ni合金、Pt又はPt合金等のGaN系半導体の電極として好ましい金属で形成される。400~800°Cで熱処理することにより電極7は、第1のコンタクト層の材料と合金化され、電極7-上側クラッド層6間の抵抗が更に低下する。上記の熱

処理は上側クラッド層6及びコンタクト層11をp型化するときの熱処理と同時にを行うことができる。

【0014】図2の実施例において、各半導体層のAlとInはこれが含まれなくてもよい。コンタクト層においては更にAlは配合することができる。

【0015】半導体素子10は有機金属化合物気相成長法(以下、「MOVPE」と記す。)により製造される。用いるガスは、NH₃、キャリアガスとしてのH₂又はN₂、トリメチルガリウム(Ga(CH₃)₃)(以下、「TMG」と記す。)、トリメチルアルミニウム(Al(CH₃)₃)(以下、「TMA」と記す。)、トリメチルインジウム(In(CH₃)₃)(以下、「TMI」と記す。)、ジエチルジンク(以下、「DEZ」と記す。)、シラン(SiH₄)及びシクロヘキサジエンマグネシウム(Mg(C₆H₅)₂)(以下、「CP,Mg」と記す。)である。

【0016】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を正面とする単結晶サファイア基板1を周知のMOVPE装置の反応室のセブタに装着する(例えば、特公平5-73251号公報参照)。次に、常圧でH₂を流速2 liter/minで反応室に流しながら温度1100°Cでサファイア基板1を気相エッチングする。

【0017】次に、温度を400°Cまで低下させて、H₂を20 liter/min、NH₃を10 liter/min、TMAを 1.8×10^{-5} mol/minで供給してAlNのバッファ層2を約50nmの厚さに形成する。次にサファイア基板1の温度を1150°Cに保持し、膜厚約2200nm、電子濃度 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のシリコンドープト-n-GaNからなる層3を形成する。

【0018】以下、亜鉛(Zn)とシリコン(Si)を発光中心として発光ピーク波長を430nmに設定した場合の発光層5(アクティブ層)及びクラッド層4、6の組成及び層形成条件を説明する。層3の形成に統いて、サファイア基板1の温度を850°Cに保持し、H₂又はN₂を10 liter/min、NH₃を10 liter/min、TMGを 1.12×10^{-4} mol/min、TMAを 0.47×10^{-4} mol/min、TMIを 0.1×10^{-4} mol/min及びシランを導入し、膜厚約500nm、電子濃度 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のシリコンドープト(Al_{0.1},Ga_{0.9},)0.1Nからなる下側クラッド層4を形成する。

【0019】統いて、温度を850°Cに保持し、H₂又はN₂を20 liter/min、NH₃を10 liter/min、TMGを 1.53×10^{-4} mol/min、TMAを 0.47×10^{-4} mol/min、TMIを 0.02×10^{-4} mol/min、CP,Mgを 2×10^{-4} mol/min、DEZを 2×10^{-7} mol/min、及びシランを 10×10^{-5} mol/min導入し、膜厚約500nmのマグネシウム、亜鉛及びシリコンドープト(Al_{0.1},Ga_{0.9},)0.1Nからなる発光層5を形成する。この状態で発光層5はまだ高抵抗である。この発光層5におけるマグネシウムの濃度は $1 \times$

$10^{19}/\text{cm}^3$ 、亜鉛の濃度は $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 、シリコンの濃度は $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ である。

【0020】続いて、温度を 1100°C に保持し、 H_2 又は N_2 を $20 \text{ liter}/\text{min}$ 、 NH_3 を $10 \text{ liter}/\text{min}$ 、 TMG を $1.12 \times 10^{-4} \text{ mol}/\text{min}$ 、 TMA を $0.47 \times 10^{-4} \text{ mol}/\text{min}$ 、 TMI を $0.1 \times 10^{-4} \text{ mol}/\text{min}$ 、 CP_2Mg を $2 \times 10^{-4} \text{ mol}/\text{min}$ 導入し、膜厚約 1000 nm のマグネシウムドープト($\text{Al}_{0.4} \text{Ga}_{0.6} \text{N}$)からなる上側クラッド層6を形成する。この状態で上側クラッド層6はまだ抵抗率 $10^8 \Omega \text{ cm}$ 以上の絶縁体である。この上側クラッド層6におけるマグネシウムの濃度は $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ である。

【0021】引き続き、 TMI と CP_2Mg の導入条件をそれぞれ $0.2 \times 10^{-4} \text{ mol}/\text{min}$ 、 $2 \times 10^{-4} \text{ mol}/\text{min}$ と変更し、膜厚約 10 nm のマグネシウムドープト($\text{Ga}_{0.8} \text{In}_{0.1} \text{N}$)からなるコンタクト層11を形成する。このコンタクト層11のマグネシウムドープ量は $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ であって、この層もまだ高抵抗の絶縁体である。

【0022】次に、反射電子回折装置を用いて、コンタクト層11、上側クラッド層6及び発光層5へ一様に電子線を照射する。電子線の照射条件は、加速電圧約 10 kV 、試料電流 $1 \mu\text{A}$ 、ビーム移動速度 0.2 mm/sec 、ビーム径 $60 \mu\text{m}$ 、真空度 $5.0 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ である。この電子線の照射によりコンタクト層11、上側クラッド層6及び発光層5はともにp伝導型となる。このようにして、図4に示す多層構造の半導体ウェハを得る。

【0023】以下に述べる図5乃至図9は、説明の都合上、半導体ウェハ上の1つの素子を示す。実際にはこの素子がウェハ上において二次元的に繰り返されており、最終的に各素子は切り離されることとなる。

【0024】図5に示す通り、コンタクト層11の上にスパッタリングにより SiO_2 層21を約 $20 \mu\text{m}$ の厚さに形成する。次に、 SiO_2 層21上にフォトレジスト22を塗布する。そして、ファトリソグラフにより、コンタクト層11上において、下側クラッド層4に至るようにならる孔25に対応する電極形成部位Aとこの電極形成部位Aをコンタクト層11に接続される電極7から絶縁分離する溝9を形成する部位Bのフォトレジストを除去する。

【0025】次に、図6に示すように、フォトレジスト22で被覆されていない SiO_2 層21をフッ化水素酸系エッティング液で除去する。その後、図7に示すように、フォトレジスト22及び SiO_2 層21によって覆われていない部位のコンタクト層11とその下の上側クラッド層6及び発光層5、更には下側クラッド層4の一部を、真空度 0.04 Torr 、高周波電力 0.44 W/cm^2 、 BCl_3 ガスを $1.0 \text{ ml}/\text{min}$ の割合で供給しドライエッティングした後、さらにArでドライエッティングする。この

工程で、下側クラッド層4に対する電極取り出しのための孔25と絶縁分離のための溝9が形成される。

【0026】次に、図8に示すように、コンタクト層11の上に残っている SiO_2 層21をフッ化水素酸で除去する。続いて、図9に示すように、試料の上全面に、 Ni 層23を蒸着する。これにより、孔25には下側クラッド層4へ電気的に接続する Ni 層23が形成される。そして、 Ni 層23の上にフォトレジスト24を塗布して、フォトリソグラフによりそのフォトレジスト24を所定形状にパターン形成して、下側クラッド層4及びコンタクト層11に対する電極上の部分が残るようにする。

【0027】次に、パターン形成されたフォトレジスト24をマスクとして Ni 層23の露出した部分を硝酸系エッティング液でエッティングする。このとき、絶縁分離のための溝9に蒸着された Ni 層13は完全に除去される。そして、フォトレジスト24をアセトンで除去する。これにより、図2に示した半導体素子10が得られる。

【0028】電極-半導体層間の抵抗を低減するためのコンタクト層は電極8と下側クラッド層4との間にも設けることができる。このコンタクト層も3族窒化物半導体($\text{Al}_x \text{In}_y \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}; X=0, Y=0, X=Y=0$ を含む)で形成され、そのスペックは上で説明したコンタクト層11と同一である。但し、不純物としてマグネシウムの代わりにシリコンがドープされる。シリコンのドープ量は $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ とすることが好ましく、更に好ましくは $5 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ である。

【0029】上記では、ダブルヘテロ型の発光素子を3族窒化物半導体素子の例に採り説明したが、p-n接合型、シングルヘテロ型、超格子型、その他の3族窒化物半導体素子に本発明を適用できることはいうまでもない。本発明の技術的範囲は上記実施例の記載に何ら限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明のコンタクト層を設けたときとそうでないときの3族窒化物半導体層-金属電極間の接触抵抗率の差を示すグラフ図。

【図2】図2は本発明の実施例の半導体素子の構成を示す断面図。

【図3】図3は実施例の半導体素子の要部拡大断面図。

【図4】図4は実施例の半導体素子の製造方法を示す断面図。

【図5】図5は実施例の半導体素子の製造方法を示す断面図。

【図6】図6は実施例の半導体素子の製造方法を示す断面図。

【図7】図7は実施例の半導体素子の製造方法を示す断面図。

7

【図8】図8は実施例の半導体素子の製造方法を示す断面図。

【図9】図9は実施例の半導体素子の製造方法を示す断面図。

【符号の説明】

* 4、6 3族窒化物半導体層

7、8 金属電極

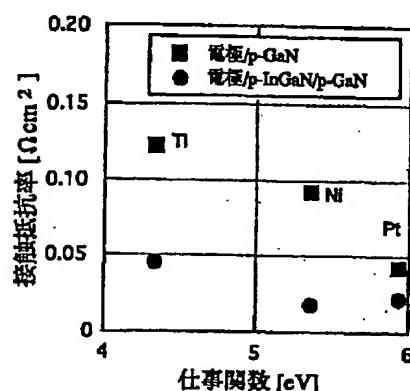
10 半導体素子

11 コンタクト層

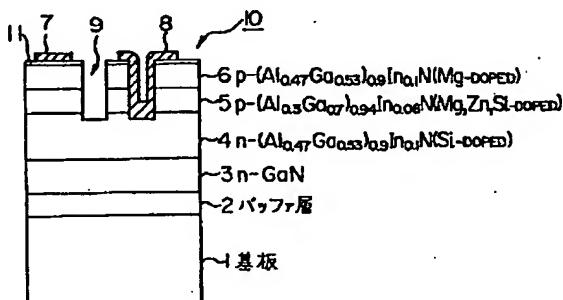
*

8

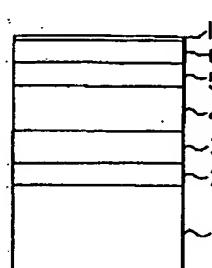
【図1】



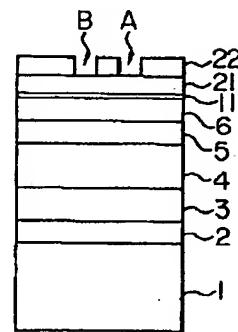
【図2】



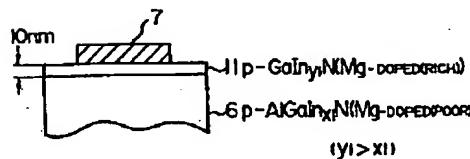
【図4】



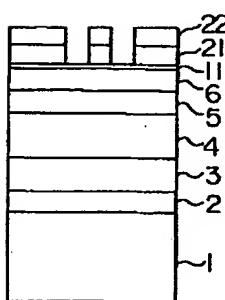
【図5】



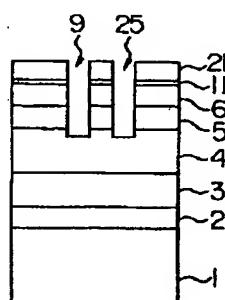
【図3】



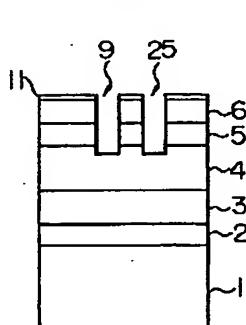
【図6】



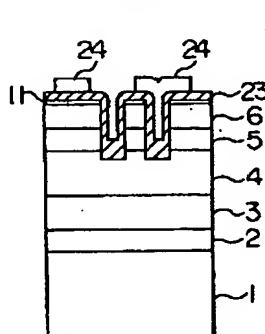
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 永井 誠二 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1 番地 豊田合成株式会社内	(72)発明者 森 朋彦 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 山崎 史郎 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1 番地 豊田合成株式会社内	(72)発明者 小澤 隆弘 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 梅崎 潤一 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1 番地 豊田合成株式会社内	(72)発明者 大脇 健史 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 地の1 株式会社豊田中央研究所内
	(72)発明者 多賀 康訓 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 地の1 株式会社豊田中央研究所内